

Localización de superficies aptas para el engorde de almejas en la zona intermareal del río Piedras (Cartaya, Huelva) (suroeste de la península Ibérica)

M. Peña¹, A. Royo², J. Ortiz¹ y P. Ruiz Azcona²

¹ Área de Desarrollo Local. Ayuntamiento de Cartaya. Plaza Redonda 1. E-21450 Cartaya (Huelva), España.
Correo electrónico: mpena777@hotmail.com

² IFAPA (Instituto de Formación Agraria y Pesquera de Andalucía) Centro Agua del Pino. Junta de Andalucía. Apdo. 104. E-21450 Cartaya (Huelva), España.

Recibido en octubre de 2005. Aceptado en noviembre de 2005.

RESUMEN

El impulso que está recibiendo el engorde de almejas en la zona intermareal de los caños, esteros y estuarios de la provincia de Huelva, justificado por los buenos resultados obtenidos con la almeja japonesa *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850), se refleja en el aumento de solicitudes de autorizaciones y concesiones administrativas. Para la ordenación de la actividad es necesario, entre otras evaluaciones, caracterizar y cuantificar la superficie de la franja intermareal con potencialidad para el cultivo y establecer una escala que permita priorizar su aprovechamiento y las posibilidades de ocupación.

Con los diferentes valores estimados analíticamente, las asignaciones empíricas y las ponderaciones correspondientes, se considera que en el río Piedras existen 69 425 m² de superficie susceptible de ser utilizada para el engorde de la almeja japonesa, de los que 19 906 m² podrían destinarse al de la almeja fina *Ruditapes decussatus* (L., 1758). Del total, 66 625 m² necesitarán enmiendas del sustrato y 2 800 m² son ocupables de forma inmediata.

Palabras clave: Granulometría, zona intermareal, superficie de cultivo, accesibilidad.

ABSTRACT

Location of intertidal zones suitable for clam culture in the Piedras River (southwestern Iberian Peninsula)

Clam on-growing in the intertidal zone of Huelva (southwestern Iberian Peninsula) is a fast-rising industry in the area. Therefore, it is necessary for the local authorities to regulate this activity. The success of seabed cultivation will largely depend on the selection of appropriate sites (e.g., substrate, exposure, seabed area, environmental requirements).

The present study aimed to characterise and quantify the intertidal substrate suitable for bivalve culture in the Piedras River, in order to establish criteria for intertidal zone use.

The results obtained showed that there are 69 425 m² that could be used for on-growing the Manila clam *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850); of these, it is necessary to improve the substrate of 66 625 m², whilst 2 800 m² can be occupied immediately. The area for culture of the carpet shell *Ruditapes decussatus* (L., 1758) was estimated at 19 906 m² of the total area.

Keywords: Granulometry, intertidal zone, culture area, accessibility.

INTRODUCCIÓN

El impulso reciente recibido por el cultivo para el engorde de almejas en la zona intermareal de los caños, esteros y estuarios de la provincia de Huelva, consecuencia de los resultados obtenidos con la almeja japonesa *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850), se ha traducido en el aumento de solicitudes de autorizaciones y concesiones administrativas. Para la ordenación de la actividad es necesario, entre otras evaluaciones, caracterizar y cuantificar la superficie de la franja intermareal con potencialidad para el cultivo, y establecer una escala que permita priorizar su aprovechamiento y las posibilidades de ocupación.

El cultivo, fundamentalmente en la fase de engorde, de la almeja en la zona intermareal comenzó en la provincia de Huelva en la década de los setenta del pasado siglo, con lo que su viabilidad en cuanto a registros físicoquímicos e hidrológicos está sobradamente demostrada con las producciones obtenidas.

Superadas una serie de vicisitudes, entre las que se pueden destacar la falta de semilla de la especie autóctona –almeja fina *Ruditapes decussatus* (L., 1758)– y la importación de la elevada producción italiana de almeja japonesa, que hizo bajar el precio de mercado y convirtió en económicamente inviable su cultivo en España, el destacado carácter consumidor de nuestro país de este tipo de productos y la consecución de notables resultados en investigación y desarrollo por parte de los organismos dedicados a esa función, hacen que el presente siglo se inicie con un nuevo ímpetu, de forma que las empresas dedicadas a la obtención de alevines se plantean seriamente la posibilidad de incluir la semilla de almeja entre sus prioridades productivas inmediatas.

Consecuentemente, resulta imprescindible conocer, entre otros aspectos, la situación actual de la zona intermareal, fundamentalmente las características de su sustrato, para establecer un orden de prioridad, tanto en la ocupación de superficies disponibles como en las necesidades de enmiendas, que facilite la toma de decisiones que deberán asumirse si se pretende fomentar este tipo de cultivo.

El objetivo general del presente trabajo es la determinación de las superficies aptas para el

preengorde y engorde de la almeja en la zona intermareal del río Piedras (Huelva, suroeste de la península Ibérica). Para ello se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Estimar la superficie de la zona intermareal cultivable entre los niveles de bajamares de mareas muertas y bajamares de mareas vivas.
- Determinar la granulometría del sedimento.
- Definir la situación de las poblaciones de interés comercial en las posibles zonas aptas para el cultivo.
- Establecer una escala empírica de valoración de las superficies potenciales en función de su posibilidad de inicio del cultivo y atendiendo, básicamente, a la necesidad y cantidad de enmiendas, la incidencia de la circulación marítima, la accesibilidad y la distancia a la desembocadura del río.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del trabajo se ha dividido el cauce del río, por razones logísticas, en ocho zonas (figura 1) para estimar, en la franja intermareal comprendida entre los niveles de bajamares de mareas vivas y bajamares de mareas muertas, una serie de registros que permitan su caracterización.

En cada una de las zonas, mediante escalas analíticas y empíricas, se han determinado las siguientes variables y sus grados.

- Textura (arenosa, areno-fangosa, fango-arenosa y fangosa).
- Grado de hundimiento (alto: imposible transitar a pie; medio: tránsito con dificultad; y bajo: tránsito sin dificultad).
- Circulación marítima (alta: mucho tránsito de embarcaciones a motor; media: poco tránsito; y baja: tránsito esporádico).
- Accesibilidad (alta: por tierra y mar y próxima a núcleo de población; media: por tierra, mar y lejos de núcleo poblacional; y baja: sólo por mar y lejos de la población).
- Inclinación (muy buena: inferior al 5 %; buena: entre 7 y 10 %; y mala: superior al 10 %).

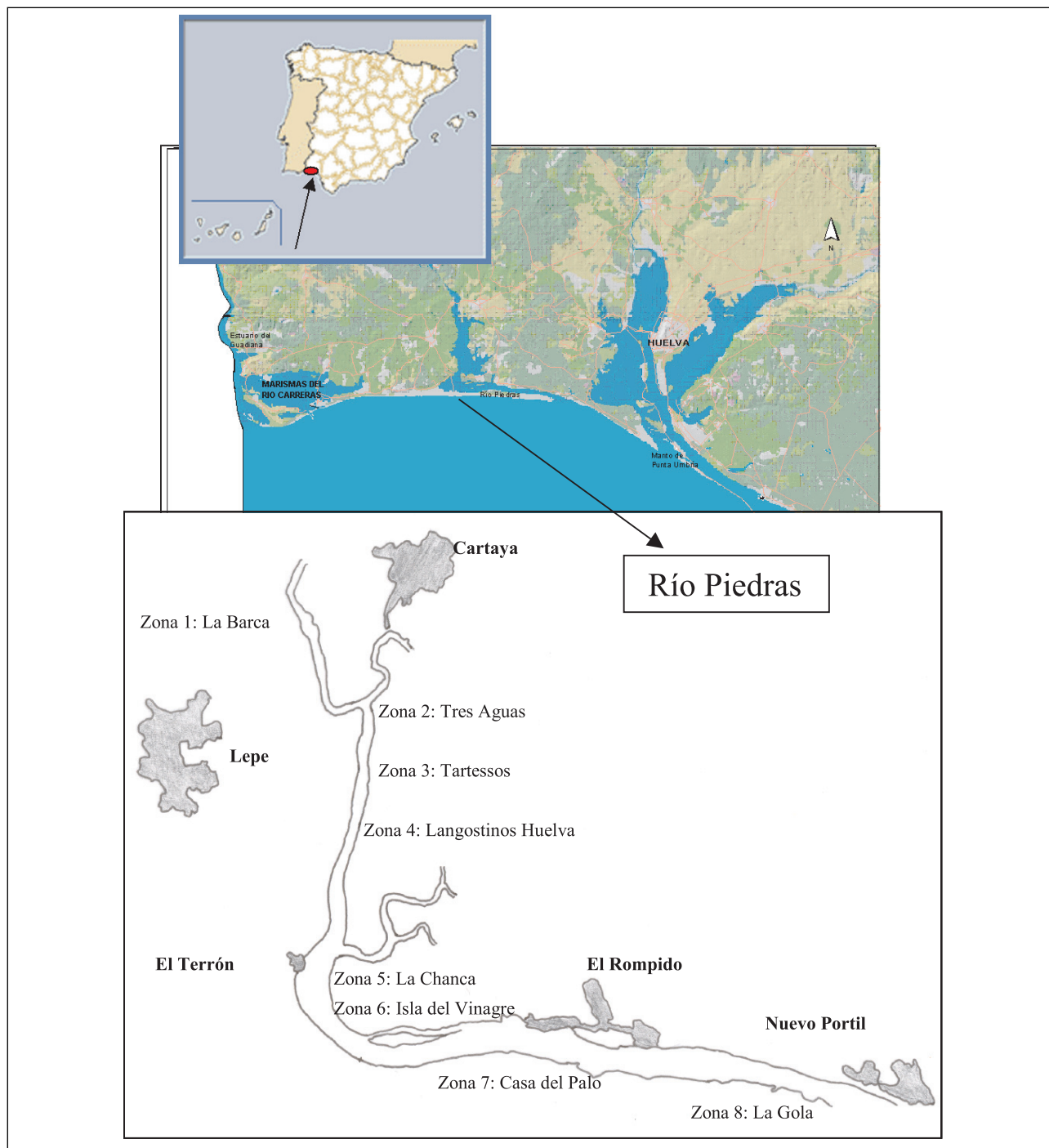


Figura 1. Río Piedras (Huelva, suroeste de península Ibérica). Zonas de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo.

- Distancia a la desembocadura (próxima, media y distante).
- Superficie intermareal (distancia entre bajamares de mareas de coeficiente medio y mareas vivas, para la almeja fina; y mareas muertas y vivas, para la japonesa).
- Área de la superficie útil de cultivo.

Las variables fundamentales (textura, grado de hundimiento y circulación marítima) que pueden ser limitativas o conllevar la necesidad de enmiendas en el sustrato, se han valorado en cada zona con una escala de 1 (no practicable) a 5 (idóneo), mientras que la valoración de aquéllas cuya incidencia afecta a la duración y

rentabilidad del cultivo más que a su viabilidad (accesibilidad, inclinación y distancia a la desembocadura) se estableció de 1 (no óptimo) a 3 (adecuado). La suma de las puntuaciones asignadas a los registros en cada zona definirá su potencialidad para el cultivo de la almeja, estableciéndose una nueva escala: alta (puntuación superior a 16), media (entre 10 y 16 puntos) y baja (menos de 10), que coinciden, respectivamente, con la forma de ocupación: inmediata, con textura y estructura aptas; sujeta a enmiendas previas a su cultivo; y no aprovechable.

Las evaluaciones métricas se han realizado con GPS y cinta métrica, y las empíricas por acceso directo.

Para su caracterización, en cada una de las ocho zonas en las que se ha dividido el río, se han establecido 80 recorridos, separados 100 m. En cada uno de ellos se situaron tres estaciones de muestreo: una entre los niveles de bajamar de marea muerta (coeficiente 30) y bajamar de marea media (coeficiente 75), otra entre los niveles de bajamar de marea media y bajamar de marea viva (coeficiente 100) y una tercera en la submareal correspondiente, constituyendo, en su conjunto, un total de 720 muestras de fauna y 240 de granulometría.

En cada zona se ha llevado a cabo un muestreo de las poblaciones de bivalvos de interés comercial, para determinar la especie, su estructura poblacional y su biomasa. En la submareal se han tomado muestras equivalentes a 1 m² de superficie, desde una embarcación provista de virador y un rastro remolcado. El virador es un mecanismo que permite recuperar el cabo que une la embarcación a un punto fijo, definido por un ancla, previamente arrojado por proa. En el cabo se marcan distancias de metro en metro y, una vez que el rastro lanzado por popa se ha hecho firme, se contabilizan dos metros recogidos con el virador. Teniendo en cuenta que el rastro tiene una abertura de 0,5 m, se consideran superficies rastreadas de 1 m² (Royo, 1986). De los volúmenes muestreados, se separaban porciones de sedimento de aproximadamente 150 ml para su análisis granulométrico.

En la intermareal, las muestras de fauna se tomaron con una calicata de 25 cm × 25 cm y 10 cm de profundidad, y las de sedimento, con

proximidad a la anterior, con un palustre de 10 cm × 10 cm y la misma profundidad.

Todas las muestras se congelaron en el laboratorio a -18 °C hasta su procesamiento.

Para el análisis granulométrico se ha aplicado el método descrito por Buchanan y Kain (1971), que incluye la escala geométrica de Wentworth.

En las muestras de fauna se seleccionaron los moluscos bivalvos de interés comercial, que se cuantificaron, pesaron y midieron con calibre al milímetro más próximo.

Para la estimación de la inclinación de la zona intermareal se situaba una estaca de eucalipto en el nivel de bajamar de marea media, midiéndose en pleamar su distancia hasta la marca del agua en la orilla y la altura en la estaca.

Además, como índice de actividad, en las visitas a cada una de las zonas de estudio se anotó la presencia de mariscadores en la zona intermareal o en la submareal inmediata, lo que delataba la existencia de poblaciones de bivalvos de interés comercial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Poblaciones de bivalvos de interés comercial

Tradicionalmente, en el río Piedras ha existido un colectivo de mariscadores dedicado a la extracción de bivalvos. El sobreesfuerzo ejercido sobre las poblaciones de mayor interés comercial, unido a otras circunstancias, entre las que destacaría el desarrollo turístico de la zona, han hecho del marisqueo una actividad coyuntural, y de los bivalvos, propagaciones más o menos amplias con densidades reducidas, tanto de adultos como de reclutas (tabla I).

El interés comercial de estas poblaciones depende de la abundancia de la que se considera la especie fundamental: la almeja fina. Se reseñan, además, las siguientes.

- La almeja japonesa, especie alóctona cuya reproducción no se ha detectado desde su introducción al principio de la pasada década de los 80, salvo en individuos aislados.
- La madrealmeja o almeja babosa *Venerupis pullastra* (Montagu, 1803), cuya presencia

Tabla I. Presencia de poblaciones de bivalvos de interés comercial en las zonas de estudio del río Piedras. (A + C): adultos y crías; (A): solo adultos; (C): solo crías; (-): ausencia.

Especies	Zonas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>R. decussatus</i>	-	A	A+C	A+C	A+C	-	A+C	A
<i>R. philippinarum</i>	-	-	-	A	-	-	-	-
<i>C. edule</i>	-	-	A+C	A+C	A+C	-	A+C	A+C
<i>C. lamarki</i>	A	A+C	A+C	A+C	A+C	-	A+C	-
<i>S. marginatus</i>	-	-	C	-	A	-	C	A+C
<i>V. aureus</i>	-	-	-	-	A+C	-	A+C	A
<i>C. angulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	A+C
<i>C. gallina</i>	-	-	-	-	-	-	C	A
<i>S. solida</i>	-	-	-	-	-	-	-	A+C

no ha sido descubierta en este estudio al ocupar biotopos submareales; fue muy abundante en la década de los ochenta, y en la actualidad sus poblaciones están prácticamente esquiladas.

- El pirulito *Venerupis aureus* (Gmelin, 1791) normalmente no era especie objetivo del marisqueo, y sólo se capturaba cuando la sobreexplotación de la almeja fina dejaba insatisfecha la demanda.
- Los berberechos *Cerastoderma edule* (L., 1758) y *Cerastoderma lamarki* (Poiret, 1789) han perdido su interés comercial y solamente se extraen cuando su abundancia lo hace rentable, o en pequeños lotes para satisfacer el mercado eminentemente local.
- El longueirón *Solen marginatus* Pulteney, 1799 se pesca mediante buceo en zonas próximas a la desembocadura, y en la actualidad se encuentra en estado de acusada sobreexplotación.
- El ostión *Crassostrea angulata* (Lamarck, 1819), abundante en otros tiempos, fue sometido a sobreexplotación para su molturación como componente de piensos para aves, sin que sus poblaciones se hayan recuperado.
- La chirla *Chamelea gallina* (L., 1758) y la clica *Spisula solida* (L., 1758) son especies oceánicas introducidas en el río durante el regreso a puerto de las embarcaciones dedicadas a su captura, por lo que su presencia es testimonial.

Los berberechos son los más abundantes, con poblaciones a lo largo de toda la zona estudiada que incluyen individuos adultos y reclutas, al

igual, aunque en menor proporción, que la almeja fina. El resto de las especies sólo se detectan en áreas próximas a la desembocadura.

La presencia de mariscadores está ligada, lógicamente, a la de bivalvos con mayor valor en el mercado; se detectan –en modalidades propias de las zonas submareal (a flote con rastro remolcado por virador; a pie con taladro o rastro accionado con mango largo; por buceo) e intermareal (a pie con rastrillo de mango corto)– de forma esporádica en la zona 3 y asiduamente en las zonas 5 y 8 (figura 1), con almeja fina y longueirón, respectivamente, como especies objetivo.

Análisis granulométrico

Con los resultados de los análisis granulométricos se ha confeccionado la tabla II, en la que se ha aplicado la escala de Wentworth, con la salvedad de considerar dos proporciones en la textura areno-fangosa: 75-85 % de arena, que se ha ponderado con el valor 5 por ser óptima para el cultivo, y 85-95 %, valorado con 4 y posiblemente mejorable en cultivos sucesivos, cuando con la sedimentación aumente la proporción de pelita.

Tabla II. Textura del sustrato de las zonas de estudio del río Piedras. (PA): ponderación adjudicada.

Texturas	PA	Zonas							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Arenosa	2								•
Areno-fangosa	5							•	
Areno-fangosa	4		•						
Fango-arenosa	3	•		•	•	•			
Fangosa	1						•		

Tabla III. Caracterización de las diferentes zonas en las que se ha dividido el río Piedras con posibilidades para el cultivo de la almeja. (T): textura del sustrato; (H): grado de hundimiento; (A): accesibilidad; (I): inclinación; (CM): circulación marítima; (DD): distancia a la desembocadura; (AZI): amplitud de la zona intermareal entre bajamares, en metros; (SI₁): área de la superficie entre BMV y BMM, en m²; (SI₂): área de la superficie entre BMm y BMM, en m²; (SC): área de la superficie cultivable, en m².

Zonas	T	H	CM	I	A	DD	Total	AZI	SI ₁	SI ₂	SC
1 La Barca	3	4	5	2	1	1	16	24,00	7 200	780	7 200
2 Tres Aguas	4	5	5	1	1	1	17	7,00	2 800	800	2 800
3 Tartesos	3	4	3	2	2	2	16	12,40	17 346	5 824	17 346
4 Langostinos											
Huelva	3	3	3	1	2	2	14	11,00	17 824	9 232	17 824
5 La Chanca	3	3	2	3	3	2	16	43,35	24 255	3 270	24 255
6 Isla del Vinagre	1	1	1	-	1	3	7	-	-	-	-
7 Casa del Palo	5	5	1	2	1	3	17	10,00	13 804	-	-
8 La Gola	2	5	1	2	1	3	14	24,00	14 400	-	-
Total (m ²)									97 629	19 906	69 425

Obsérvese que predomina la arena en emplazamientos próximos a la desembocadura y que la textura más frecuente es fango-arenosa, al estar incluidas la mayor parte de las áreas seleccionadas en un sistema sedimentario mareal.

Determinación de superficies aptas

Del análisis de los valores adjudicados empíricamente y de las ponderaciones correspondientes aplicadas a cada zona (tabla III) se deduce que en el río Piedras existen 69 425 m² de superficie, incluidos dentro de la zona de producción AND 1-06 establecida por la Junta de Andalucía (Márquez, Tirado y Heredia, 2000), susceptibles de ser utilizados para el engorde de almeja japonesa, cuyo cultivo es viable entre los niveles de bajamares de mareas muertas (BMM) y bajamares de mareas vivas (BMV). De ellos, 19 906 m² se podrían destinar al engorde de almeja fina, con rentabilidad entre los niveles de bajamares de mareas medias (BMm) y vivas. Son utilizables de forma inmediata 2 800 m², y 66 625 m² precisan de adecuación mediante enmiendas previas a la siembra (tabla IV); la potencialidad para el cultivo arroja el mismo resultado: 66 625 m² presentan potencialidad media y 2 800 m² la presentan alta (tabla III).

Las dos zonas más próximas a la desembocadura, a pesar de presentar un índice alto de potencialidad, no son aptas para el cultivo al estar muy afectadas por el tráfico marítimo, que origina olas que compactan excesivamente

el sustrato, además de inducir a un alto riesgo de desenterramiento y arrastre de los moluscos. En la zona 6, correspondiente a la isla del Vinagre, la textura fangosa y el alto índice de hundimiento hicieron imposible el acceso y las mediciones pertinentes, y se desechó para el cultivo.

Tabla IV. Posibilidades de ocupación. (INM): inmediata; (ENM): necesidad de enmienda previa; (NA): no aprovechable para el cultivo.

Zonas	Ocupación		
	INM	ENM	NA
1		•	
2	•		
3		•	
4		•	
5		•	
6			•
7			•
8			•
Total (m ²)	2 800	66 625	-

Al elegir áreas aptas para los cultivos en zona intermareal, algunos autores (Miller *et al.*, 1978; Arnal, 1982; Royo, 1986; Kraeuter y Castagna, 1989; Manzi y Castagna, 1989; Quayle y Newkirk, 1989; Briton, 1991; Paesanti y Pellizzato, 1994; Laing y Spencer, 1997; Spencer, 2002) establecen consideraciones generales que incluyen evaluaciones geográficas, físicoquímicas y técnicas semejantes en todos los lugares donde se realiza el cultivo de almejas y que se podrían resumir en emplazamientos semiabrigados, intermedios

entre los expuestos a corrientes, oleajes y tráfico de embarcaciones y los muy protegidos en los que la sedimentación y el consecuente enlodamiento serían importantes.

Teniendo en cuenta las posibilidades de actuación, las características físicoquímicas del agua, en general, no se consideran enmendables. En consecuencia, se deben desechar aquellas zonas próximas a focos de contaminación. En este sentido, la presencia de la especie a cultivar, o de otras especies próximas, puede ser garantía de viabilidad, debiéndose estudiar, para ampliar la información, sus anillos de crecimiento (Briton, 1991).

Las características del sedimento pueden ser limitativas para la práctica del cultivo, pero también son susceptibles de transformación mediante enmiendas que hagan heterogénea la capa superficial y desplacen la mediana hacia clases dimensionales elevadas, aumentando su permeabilidad y la porosidad no capilar del horizonte de cultivo, facilitando su oxigenación y reduciendo las tasas de sulfuros (Marteil, 1974).

De la bibliografía consultada se concluye la idoneidad de diferentes tipos de suelo en cuanto a textura, pudiéndose resumir en la necesidad de sustratos con mayor proporción de arenas que de partículas finas. Bouxin (1936) manifiesta que el mejor suelo es la arena guijarrosa; un poco inferior es la arena conchífera; peor, el limo; y decididamente malo el constituido por arena fina o muy fina compacta. Chen (1976) expresa que los suelos deben tener un contenido en arena de no menos del 50 %, preferiblemente entre 60-85 %.

No son recomendables los fondos lodosos y muy lodosos que presentan altos porcentajes de materia orgánica, lo que origina procesos de podredumbre con alto consumo de oxígeno, desarrollo de bacterias anaerobias y producción de H_2S ; se han observado altas mortalidades en cultivos donde el índice de materia orgánica superaba 1 mg g^{-1} (Barillari *et al.*, 1990). Un parque con una proporción de partícula fina por encima del 7 % puede considerarse lodoso (Ifremer, 1988). Bouxin (1936) recomienda trabajar únicamente los terrenos en los que la capa de fango no sobrepase 0,5-1 cm, es decir, en los que no se produzca hundimiento ni resbalen al caminar sobre ellos.

Sin embargo, entre las posibles combinaciones de terrenos que podemos considerar viables no se aprecian diferencias significativas en el crecimiento ni en la mortalidad (Gras y Gras, 1981; Royo, 1984). Es decir, las almejas se adaptan a una gran variedad de terrenos (Spencer, Edwards y Millican, 1991; Briton, 1991), aunque no se recomiendan suelos duros con dificultad para el enterramiento, en los que aumenta el riesgo de depredación (Laing y Spencer, 1997). Se consideran óptimos los firmes y estables, con sedimentos areno-fangosos (Korringa, 1976; Miller *et al.*, 1978; Royo, 1984; Kraeuter y Castagna, 1989), suficientemente blandos para permitir el enterramiento pero compactos para sostener, al menos, el peso de una persona y, mejor aun, admitir el acceso de maquinaria (Paesanti y Pellizzato, 1994).

Además de la textura, deben tenerse en cuenta otros factores relacionados con el sustrato, destacándose la inclinación y la consiguiente amplitud mareal. En el primer caso, se precisan pendientes de entre 0,2 y 0,5 %, que permiten un reparto homogéneo de la semilla y están menos sujetas a la erosión (Ifremer, 1988; Paesanti y Pellizzato, 1994; Spencer, Edwards y Millican, 1991; Poza, 1998). Si el gradiente es inclinado, la franja será estrecha y no deseada para el cultivo.

El crecimiento de los bivalvos está intrínsecamente influido por la duración del tiempo que están sumergidos y, por consiguiente, alimentándose. Gillmor (1981) considera que el crecimiento disminuirá aproximadamente el 2 % por cada incremento del 1 % en la exposición al aire, y se acercará a cero en el nivel del 50 %, coincidiendo con lo estimado por Laing y Spencer (1997). Reviste, por tanto, gran importancia la ubicación de los parques dentro de la zona intermareal. Este emplazamiento depende fundamentalmente de la biología de las almejas y su distribución en el biotopo. Anderson, Miller y Chew (1982) afirman que la almeja japonesa vive hasta a 1-2 m por encima del nivel medio de las bajamares de mareas muertas, aunque en los límites superiores el crecimiento baja considerablemente. Briton (1991) y Royo *et al.* (2002) ponen de manifiesto una correlación directa entre emergencia y disminución del crecimiento, considerando que el área ideal debe quedar cubierta durante las bajamares de mareas muer-

tas y emerger en las bajamares de mareas vivas, y trabajar el cultivo en esos periodos.

La mortalidad está igualmente relacionada con los periodos de exposición. Así, Gosling (2003), en ensayos con el 30 % de exposición al aire, observa índices de supervivencia del 70 %, pero con exposiciones del 50 % no sobrevivió ningún ejemplar.

Aunque algunos autores (De Kergariou *et al.*, 1981; De Valence y Peyre, 1986) recomiendan la instalación de los parques entre los niveles de bajamares de marea media (coeficiente 75) y bajamares de mareas vivas (coeficiente 90), una mayoría (Ifremer, 1988; Royo, 1986; Spencer, Edwards y Millican, 1991; Royo *et al.*, 2001) coinciden en establecer las zonas de ubicación de los parques entre los límites de las bajamares de mareas muertas y bajamares de mareas vivas.

Además del nivel de cobertura mareal, puede existir una lógica relación entre crecimiento y renovación del agua. Henocque (1977) expone que *R. decussatus* tiene una tasa de crecimiento óptimo allí donde las condiciones del medio son próximas a las oceánicas, disminuyendo a medida que son menores las renovaciones de agua.

En este trabajo no se han considerado las características físicoquímicas del agua, suponiendo su viabilidad, ya que los rendimientos alcanzados por los cultivadores en general y los trabajos de investigación realizados en la zona establecen la posibilidad de obtener altas producciones, que pueden superar los 10 kg/m² en un ciclo de 18 meses.

Teniendo en cuenta que la superficie de cultivo idónea para una unidad familiar tiene un área estimada en 2 000 m², de los que el 20 % corresponde a pasillos de separación entre calles y accesos, en el río Piedras se pueden crear, aproximadamente, 34 empresas familiares, en parcelas que necesitarían la adición de áridos antes del inicio del cultivo.

Considerando las altas densidades de siembra aplicables en la zona (Royo y Ruiz Azcona, 2005), que ciframos en 1 500 indiv/m² y permiten recolecciones de 5-15 kg/m², en cultivos con una duración media de 18 meses, se estiman en 54,4 millones las semillas de almeja japonesa de 1 cm necesarias anualmente, previéndose producciones, también anuales, de entre 182 y 546 t de almejas de 40 mm de talla media como cantidades de par-

tida para la puesta en marcha de un plan de cultivo de almeja japonesa en el río Piedras.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está integrado en el convenio de colaboración entre el Ayuntamiento de Cartaya y el IFAPA (Instituto de Formación Agraria y Pesquera de Andalucía) Centro Agua del Pino, Junta de Andalucía). Nuestro agradecimiento a D. Juan Ortiz Vázquez y al equipo del Departamento de Fomento del IFAPA Centro Agua del Pino por su colaboración.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, G. P., M. B. Miller y K. K. Chew. 1982. A guide to Manila clam Aquaculture in Puget Sound. *Washington Sea Grant Program. Technical Report WSG 82-4*: 45 pp. University of Washington. Seattle, Washington, EE UU.
- Arnal, I. 1982. *Posibilidades de la acuicultura en el litoral español*. Set Ediciones. Madrid: 337 pp.
- Barillari, A., A. Boldrin, M. Pellizzato y M. Turchetto. 1990. Condizioni ambientali nell'allevamento di *Tapes philippinarum*. En: *Tapes philippinarum Biologia e Sperimentazione*. G. Allesandra (ed.): 183-192. Ente Sviluppo Agrícola Veneto. Venecia, Italia.
- Bouxin, H. 1936. Technique d'élevage de deux palourdes comestibles. *Revue des Travaux de l'Office Scientifique et Technique des Pêches Maritimes* 9 (1): 101-112.
- Briton, W. 1991. Clam cultivation manual. *Aquaculture Explained* 8: 60 pp.
- Buchanan, J. B. y J. M. Kain. 1971. Measurements of the physical and chemical environment. En: *Methods for the study of marine benthos*. N. A. Holme y A. D. MacIntyre (eds.): 30-58. Blackwell Scientific Publication. Oxford, Reino Unido.
- Chen, T. P. 1976. Culture of clam, *Meretrix lusori*. En: *Aquaculture practices in Taiwan*: 95-105. Page Bros Ltd. Norwich, Inglaterra.
- Gillmor, R. B. 1981. Intertidal biology and bivalve aquaculture. *World Conference on Aquaculture* (21-26 de septiembre, 1981. Venecia, Italia). European Aquaculture Society. Ostende, Bélgica: 16 pp.
- Gosling, E. 2003. Culture of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, in Europe. En: *Bivalve Molluscs. Biology, Ecology and Culture*. E. Gosling (ed.): 317-332. Fishing News Books – Blackwell Publishing. Oxford, Reino Unido.
- Gras M. P. y P. Gras. 1981. Aquaculture de bivalves en claires dans le bassin de Marennes-Oleron. *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches Marit.* 314: 1-30.
- Henocque, Y. 1977. *Etude de la croissance de mollusques bivalves par examen des stries d'accroissement de leur coquilles: Tridacna maxima et Tapes decussatus*. Diplome

- de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. 3^e Section. París: 130 pp.
- Ifremer. 1988. *La Palourde-Dossier d'élevage*. Ifremer. París: 106 pp.
- Kergariou, G. de, D. Latrouite, D. Perodou y S. Claude. 1981. *Bilan des essais d'élevage de la palourde sur le littoral morbihannais*. Syndicat du Pays d'Auray, ISTPM (Institut Scientifique des Pêches Maritimes) y DDAM (Direction Départementale de l'Agriculture du Morbihan). Morbihan, Francia: 36 pp.
- Korringa, P. 1976. Farming little-neck clams on the algarvian coast, Portugal. En: *Farming marine organisms low in the food chain*. P. Korringa (ed.): 243-259. Elsevier. Ámsterdam.
- Kraeuter J. N. y M. Castagna. 1989. Factors affecting the growth and survival of clam seed planted in the natural environment. En: *Clam mariculture in North America*. J. J. Manzi y M. Castagna (eds.) 19: 149-165. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Elsevier. Ámsterdam.
- Laing, I. y B. E. Spencer. 1997. *Bivalve cultivation: criteria for selecting a site*. CEFAS (The Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science). Lowestoft, Reino Unido: 41 pp.
- Manzi, J. y M. Castagna. 1989. Introduction. En: *Clam mariculture in North America*. J. J. Manzi y M. Castagna (eds.) 19: 1-21. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Elsevier. Ámsterdam.
- Márquez, I., C. Tirado y S. Heredia. 2000. *Normativa sobre zonas de producción de moluscos bivalvos, gasterópodos, tunicados y equinodermos marinos del litoral andaluz*. Dirección General de Pesca, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía: 105 pp.
- Marteil, L. 1974. La conchyliculture française. Ière partie: Le milieu naturel et ses variations. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.* 38 (3): 217-337.
- Miller, M. B., K. K. Chew, C. R. Jones, L. Goodwin y C. D. Magno. 1978. Manila clam seeding as an approach to clam population enhancement. *Washington Sea Grant Publication WSG 78-2*: 18 pp. University of Washington. Seattle, Washington, EE UU.
- Paesanti, F y M. Pellizzato. 1994. *Tapes philippinarum. Manuale sulla vongola verace d'allevamento*. E. Schiavon (ed.): 74 pp. Ente Di Sviluppo Agricolo Veneto. Padua, Italia.
- Poza, J. 1998. Planificación duna explotación marisqueira. En: *Marisqueo en Galicia. 3^{as} Jornadas do medio mariño e acuicultura* (1994. Sada, A Coruña, España). X. Penas Patiño (ed.): 197-218. Edición do Castro. Sada (A Coruña), España.
- Quayle, D. B. y Newkirk, G. F. 1989. General aspects of bivalve culture. En: *Farming bivalve molluscs: Methods for study and development*. P. A. Sandifer (ed.): 126-152. The World Aquaculture Society. Louisiana State University. Baton Rouge (Luisiana), EE UU.
- Royo, A. 1984. Cultivo de *Venerupis decussata* L. en la zona intermareal. (Cuadernos da Área de Ciencias Mariñas. Seminario de Estudios Galegos) II (1): 527-540. Edición do Castro. Sada (A Coruña), España.
- Royo, A. 1986. *Estudios sobre el cultivo de Ruditapes decussatus (L., 1758) Mollusca Bivalvia, en la zona intermareal de la provincia de Huelva*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Sevilla, España: 298 pp.
- Royo, A., D. Quintero, M. Hurtado Burgos y M. Hurtado Cancelo. 2001. Primeros datos sobre el cultivo (engorde) de la almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum* Adams & Reeve, 1850) en la zona intermareal de la provincia de Huelva. *Monografías del Instituto Canario de Ciencias Marinas* 4: 156-161.
- Royo, A., D. Quintero, M. Hurtado Burgos y M. Hurtado Cancelo. 2002. Cultivo de almeja japonesa *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) a altas densidades de siembra y en zona intermareal. En: *VIII Congreso nacional de acuicultura: Acuicultura y desarrollo sostenible* (22-25 de mayo, 2001. Santander, Cantabria, España). I. Arnal Atarés, C. Fernández-Pato, C. Martínez-Tapia y C. Mosquera de Arancibia (eds.) *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 18 (1-4): 349-356.
- Royo, A. y P. Ruiz Azcona. 2005. Incidencia de la densidad en el engorde de almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum*, Adams & Reeve, 1850) en la zona intermareal. En: *IX Congreso Nacional de Acuicultura (Cádiz, mayo 2003). La acuicultura como actividad económica en las zonas costeras: Libro de Actas* (12-16 de mayo, 2003. Cádiz, España): 229-233. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Sevilla, España.
- Spencer, B. E. 2002. Clam cultivation. In: *Molluscan shellfish farming*. B. E. Spencer (ed.): 102-122. Fishing News Books (Blackwell Publishing). Oxford, Reino Unido.
- Spencer, B. E., D. B. Edwards y P. F. Millican. 1991. Cultivation of Manila clams. *Laboratory Leaflet, MAFF Directorate of Fisheries Research. Lowestoft, Reino Unido* 65: 1-29.
- Valence, P. de y R. Peyre. 1986. La culture de la palourde. En: *Aquaculture*. G. Barnabé (ed.) 1: 391-425. Technique et documentation-Lavoisier. París.